Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 37-49
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2204-1030

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۳ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۱
صفحهٔ ۴۹-۳۷، نوع مقاله: پژوهشی

نقش چای‌کمپوست در بهبود اثرات منفی تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در بذر نخود (رقم عادل) با تأکید بر شاخص‌های جوانه‌زنی

راهله احمدپور[1]، یاسمین بچاری[2] و سعیدرضا حسین‌زاده[3]*

۱- کارشناس ارشد (مربی) و عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الأنبیاء بهبهان؛
ahmadpour@bkatu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی رشته زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الأنبیاء بهبهان؛
bachari_bkatu@yahoo.com
۳- دکتری رشته زیست‌شناسی، گرایش فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، اداره آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، اهواز؛
hossinzadeh_tmu@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴، **بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۹، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۶؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
احمدپور، ر.، بچاری، ی.، و حسین‌زاده، س.ر. ۱۴۰۱. نقش چای‌کمپوست در بهبود اثرات منفی تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در بذر نخود (رقم عادل) با تأکید بر شاخص‌های جوانه‌زنی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۲): ۴۹-۳۷.

چکیده

تنش خشکی در مناطق دیم کشور از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد، عملکرد و جوانه‌زنی بذر نخود است. استفاده از تیمارهایی که بتواند در شرایط تنش خشکی نقش مؤثری در بهبود جوانه‌زنی ایفا کنند، گامی مفید و کاربردی در جهت افزایش عملکرد و محصول نهایی در گیاهان زراعی است. در این راستا جهت بررسی تیمار چای‌کمپوست در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر نخود (رقم عادل) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان به اجرا درآمد. تیمارهای مطالعه عبارت بودند از: چای‌کمپوست با سطوح صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی و تنش خشکی با تیمارهای صفر، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از صفر تا ۰/۹- مگاپاسکال کلیه شاخص‌های مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشتند. نتایج مرتبط با اثرات ساده کاربرد چای‌کمپوست نشان داد که استفاده از سطوح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی چای‌کمپوست به صورت معنی‌داری وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و آندوسپرم مصرفی را افزایش داد. در بررسی اثرات متقابل مشاهده شد که در شرایط ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال، سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی به صورت معنی‌داری موجب بهبود درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه شد. در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال، کاربرد چای‌کمپوست در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال، کاربرد سطح ۲۵ درصد حجمی چای‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به سطوح شاهد شد. با توجه به نتایج این پژوهش، کاربرد چای‌کمپوست (عصاره ورمی‌کمپوست) در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی در شرایطی که بذر نخود با تنش خشکی مواجه است، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آندوسپرم مصرفی؛ شاخص بنیه بذر؛ قدرت جوانه‌زنی؛ کم‌آبی؛ کود آلی

مقدمه

حبوبات با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد مانند توانایی جوانه‌زنی بذرها در خاک‌های فقیر و نه‌چندان حاصل‌خیز، حاصل‌خیزی خاک با تثبیت نیتروژن، غنی از منابع پروتئینی و همچنین اسیدآمینه‌های لوسین و تریپتوفان اهمیت ویژه‌ای در نظام‌های کشاورزی کشورهای در حال توسعه دارند (Ganjeali *et al*., 2011; Hosseinzadeh *et al*., 2016). عوامل کاهش دهنده رشد و نمو در کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی بذرها، رشد و گسترش ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص بنیه بذر و طول گیاهچه نقش اساسی دارند. از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی اشاره کرد که مطالعات متعددی گزارش کردند تأثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد و جوانه‌زنی بذرها

* **نویسنده مسئول:** hossinzadeh_tmu@yahoo.com

دارند (Menash *et al*., 2006; Ahmadpour *et al*., 2016). در ایران معمولاً کشت نخود به صورت دیم بوده (حدود ۹۲ درصد) و بذرها از رطوبت ذخیره‌شده در خاک استفاده می کنند و ممکن است در این حالت بذرها با تنش خشکی مواجه شوند که در نهایت موجب عدم جوانه‌زنی، استقرار نامناسب، کاهش عملکرد و محصول در گیاه شود (Mokhtari *et al*., 2009; Armand *et al*., 2015). در این مناطق رطوبت و درجه حرارت مهم‌ترین عوامل مؤثر در جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌باشد. از سوی دیگر بسیاری از مطالعات گزارش کردند که درصورتی که جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش خشکی موفقیت آمیز باشد، در مراحل بعدی رشد و نمو، گیاهچه‌های ایجادشده دارای بنیه بهتر، استقرار مناسب‌تر و گسترش ریشه بیشتر خواهد داشت (Gamze *et al*., 2005; Hosseinzadeh, 2015; Ahmadpour & Armand, 2020).

پتانسیل آب محیط مهم‌ترین عامل در جوانه‌زدن بذر محسوب شده و کاهش آن به صورت مستقیم در اختلال فرایندهای فیزیولوژیک جوانه‌زنی و به صورت غیرمستقیم بر رشد و نمو دانه، ذخایر غذایی و کیفیت زیست گیاهچه تأثیر دارد (Mokhtari *et al*., 2009; Bibi *et al*., 2009). برای ایجاد شرایط تنش خشکی مشابه با زمین‌های دیم کشور در محیط کشت از ترکیبی تحت عنوان پلی اتیلن گلایکول استفاده می‌شود. این ماده غیرسمی و با جرم ملکولی بالا بوده که در بافت‌ها و اندام‌های گیاهان نفوذ نمی‌کند و منجر به آسیب به گیاه نمی‌شود (Emmerich & Hardegree, 1991). در زمینه استفاده از پلی اتیلن گلایکول بر روی بذر حبوبات (نخود، لوبیا، عدس و ماش) تحقیقات بسیار زیادی وجود دارد و در تمامی این مطالعات گزارش شده است که تنش آبی ایجادشده توسط این ماده موجب کاهش معنی‌دار کلیه پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه حبوبات شد (Hosseinzadeh *et al*., 2016; .Ahmadpour *et al*., 2019; Armand *et al*., 2015).

در روش‌های نوین کشاورزی استفاده از کودهای ارگانیک در جهت افزایش تحمل بذر به شرایط تنش توصیه شده است که یکی از این کودهای زیستی و ارگانیک کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست است (Sinha *et al*., 2010; Amiri *et al*., 2017). استفاده از کود ورمی‌کمپوست علاوه بر اضافه‌کردن به خاک می‌تواند به صورت افزودن عصاره ورمی‌کمپوست (چای‌کمپوست) به خاک باشد (Ahmadpour *et al*., 2019). عصاره ورمی‌کمپوست یا همان چای‌کمپوست، عصاره‌ای تولیدشده از محلول آب و کود ارگانیک ورمی‌کمپوست است که طی فرایندی ویژه تولید می‌شود (Edwards *et al*., 2006).

ویژگی‌های منحصربه‌فرد عصاره ورمی‌کمپوست عبارتند از: ۱- دارای میکروارگانیزم‌های هوازی مفید مانند ازتوباکترها، ۲- عاری از باکتری‌های غیرهوازی، قارچ‌ها و میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا، ۳- ظرفیت نگهداری بالای آب، ۴- هومیک اسید (این مواد دارای اثرات مشابه تنظیم‌کننده‌های رشد و هورمون‌ها است) و ۵- دارای عناصر مغذی ماکرو و میکرو نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، مس، منگنز، آهن و روی (Atiyeh *et al*., 2001; Beyk *et al*., 2010; Ahmadpour *et al*., 2019). تحقیق بر روی گیاهانی نظیر لوبیا، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی نشان داد که عصاره ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی این گیاهان نسبت به سطح شاهد (بدون کاربرد عصاره) داشت (Arancon *et al*., 2007). در مطالعه بر روی کلم نیز مشاهده شد که عصاره ورمی‌کمپوست در افزایش معنی‌دار عملکرد و محصول گیاه با تأثیر مثبت بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر نقش دارد (Archana *et al*., 2009).

با توجه به مشکل خشکسالی و کم‌آبی در بسیاری از مناطق کشور به‌ویژه استان خوزستان، استفاده از روش‌های نوین کشاورزی در جهت بهبود مقاومت گیاهان زراعی مهم در راستای افزایش عملکرد و محصول گیاهان زراعی امری ضروری است. اصلاح در بستر کشت و استفاده از تیمارهای بهبوددهنده شرایط تنش، از مهم‌ترین اقدامات در مقابله با تنش کم‌آبی و خشکسالی به شمار می‌رود. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر چای‌کمپوست بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر نخود در شرایط تنش خشکی بود که بتوان به این سؤال پاسخ داد که آیا استفاده از چای‌کمپوست می‌تواند در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر مرحله جوانه‌زنی بذرهای نخود نقش داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل چای‌کمپوست با سطوح صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی و تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول با سطوح صفر، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال بود. تنش خشکی بر اساس دستورالعمل مربوطه تهیه شد (Michael & Kaufma, 1976). برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- نحوه ایجاد پتانسیل خشکی در هر واحد آزمایشی
Table 1. Formation of dry potential in unit experiment

PEG 6000	مقدار محلول Content solution	نوع محلول (پتانسیل خشکی) Type of solution
55.2 g	400 ml	-0.3 MPa
75.6 g	400 ml	-0.6 MPa
88.8 g	400 ml	-0.9 MPa

تهیه چای‌کمپوست به صورت هوازی بود و بر مبنای روش پیشنهادی مربوطه انجام شد (Greytak *et al*., 2006). بر مبنای این روش ۱۰۰ گرم ورمی‌کمپوست با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار داده شد. محلول حاصله با توجه به رسوب‌های دانه‌درشت به وسیله کاغذ صافی صاف شد و سپس با اضافه‌کردن آب مقطر به محلول حاصله، غلظت‌های مختلف عصاره مورد مطالعه تهیه شد. ویژگی‌های شیمیایی چای‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ – برخی خصوصیات چای‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش
Table 2. Some of compost tea characteristics used in the experiment

خصوصیات Properties	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)	کربن/ نیتروژن C/N	کلسیم (درصد) Ca (%)	آهن (درصد) Fe (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
چای‌کمپوست Compost tea	7.08	2.5	21.4	5.5	0.6	1.3	1.5	1.3	3	21.3

جهت انجام آزمایش ابتدا پتری‌دیش‌ها به عنوان هر واحد آزمایشی استریل شد و بذرها نیز با بنومیل ۲ در هزار ضدعفونی شدند. در هر پتری‌دیش ۳۵ عدد بذر نخود رقم عادل قرار داده شد و سپس واحدهای آزمایشی بر اساس تیمارهای مورد بررسی شماره‌گذاری شدند. برای هر واحد آزمایشی، اعمال تیمارها به صورت ۴ سی سی چای‌کمپوست + ۴ سی سی محلول تنش بود. برای تیمارهای شاهد از آب مقطر استفاده شد. جهت اعمال شرایط یکنواخت برای کلیه واحدهای آزمایشی ابتدا وزن اولیه آن‌ها یادداشت شد و سپس با پارافیلم درب پتری‌ها بسته شد و در محیط آزمایشگاه و در شرایط تاریکی قرار گرفت. پتری‌دیش‌ها به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفته و طبق قوانین ISTA هر بذر دارای طول ریشه‌چه ۳میلی متر، بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (ISTA, 2009). به مدت ۱۴ روز بررسی روزانه پتری‌دیش‌ها ادامه داشت و بذرهای جوانه‌زده به منظور اندازه‌گیری پارامترهای جوانه‌زنی ۱۵ روز پس از شروع آزمایش از واحدهای آزمایشی برداشت شدند. برای اندازه‌گیری آندوسپرم مصرفی، وزن پنج عدد بذر از هر واحد آزمایشی یادداشت شد و سپس علامت‌گذاری صورت گرفت و همراه با دیگر بذور در واحد آزمایشی قرار گرفت. همزمان با خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن بذرهای جوانه‌زده مورد نظر در هر تیمار تعیین شد. در نهایت میزان آندوسپرم مصرفی بذرها از طریق محاسبه اختلاف وزن آنها قبل و بعد از جوانه‌زنی محاسبه شد (Hosseinzadeh, 2015). سنجش پارامترهایی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه توسط خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ساقه چه و ریشه‌چه از آون ۷۰ ^{o}C استفاده شد و نمونه‌ها برای ۴۸ ساعت در داخل آون قرار گرفته و در انتها با ترازوی مدل AND با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن آن‌ها تعیین شد. به منظور تعیین شاخص بنیه بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی از روابط ارائه‌شده در جدول ۳ استفاده شد.

آنالیزهای آماری به‌وسیله نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد، بدین صورت که پس از نرمال‌سازی داده‌ها به منظور تعیین سطح معنی‌داری در اثرات ساده و متقابل تیمارها آزمون ANOVA استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد ($P \leq 0.01$) و ۵ درصد ($P \leq 0.05$) استفاده شد.

جدول۳- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 3. Equations of germination indices

شاخص (Index)	رابطه (Equation)	منابع مورد استفاده (References)
درصد جوانه‌زنی Germination percentage	$\mathrm{GP\%} = \sum \frac{ni}{N} \times 100$	(Agrawal, 1991)
سرعت جوانه‌زنی Germination Speed	$\mathrm{GS} = \sum \frac{ni}{ti}$	(Agrawal, 1991)
بنیه جوانه‌زنی Germination vigor	$\mathrm{GV} = \frac{GR \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)
شاخص بنیه بذر Seed vigor index	$\mathrm{SV} = \frac{GP \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)

n = کل بذر جوانه‌زده طی دوره، ni = تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص، ti = تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، N = تعداد بذرهای کاشته‌شده، PL = طول ساقه‌چه، RL = طول ریشه‌چه

n= Total of germinated seeds during period, ni= The number of germinated seeds at an interval of distinct period; ti, ti= The number of days after the start of germination, N= Number of sowed seeds, PL= Plumule length, RL= Radicle length

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات چای‌کمپوست و تنش خشکی هر کدام به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی مورد بررسی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی) داشت، اما در برهم‌کنش تیمارها (چای‌کمپوست×تنش خشکی) به جز آندوسپرم مصرفی بر دیگر شاخص‌ها تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده چای‌کمپوست نشان داد که استفاده از چای‌کمپوست در تمامی سطوح موجب افزایش میزان آندوسپرم مصرفی در مقایسه با شاهد شد (جدول ۵). در بررسی اثرات ساده تنش مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی به صورت معنی داری میزان این صفت کاهش داشت، به طوری‌که هر کدام از سطوح در سطح معنی‌داری متفاوتی قرار گرفتند (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با درصد جوانه‌زنی نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ۰/۶- مگاپاسکال، کاربرد چای‌کمپوست در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۹- مگاپاسکال، تمامی سطوح چای-کمپوست در مقایسه با شاهد منجر به افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های مرتبط با سرعت جوانه‌زنی نشان داد که در شرایط بدون تنش و سطوح ۰/۳- و ۰/۹- مگاپاسکال، اعمال تیمارهای چای‌کمپوست (۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی) به صورت معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی را نسبت به سطح شاهد افزایش داد. در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال، سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی توانست به صورت معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی را افزایش دهد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که قدرت جوانه زنی تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارها قرار گرفت و در شرایط بدون تنش، ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال، کاربرد چای‌کمپوست در تمامی سطوح مورد بررسی در این مطالعه توانست به صورت معنی‌داری قدرت جوانه‌زنی بذرها را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دهد. در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال نیز سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۷). نتایج مرتبط با شاخص بنیه بذر در این مطالعه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، تمامی سطوح چای‌کمپوست (۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی) در مقایسه با سطوح شاهد موجب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شدند. در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال، افزایش معنی‌دار این شاخص تنها در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی از چای‌کمپوست مشاهده شد، اما در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال، تفاوت معنی‌داری بین سطوح چای‌کمپوست مشاهده نشد (جدول ۷).

بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در تثبیت موقعیت گیاه، افزایش عملکرد و محصول گیاه نقش به‌سزایی دارد (Warman & Anglopez, 2010; Rahbarian *et al*., 2012). بسیاری از مطالعات گزارش کردند بذرهایی که دارای درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی بیشتری هستند، مقاومت و تحمل بیشتری در شرایط تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری دارند (Gamze *et al*., 2005; Ahmadpour *et al*., 2020). گزارش‌ها نشان می‌دهند که پارامترهای جوانه‌زنی (درصد

جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک بذر در اثر کمبود آب قابل دسترس به شدت کاهش می یابند (Kalefetoglu Macar *et al.*, 2009). از مهم‌ترین اثرات مخرب تنش خشکی بر جوانه زنی می‌توان به عواملی نظیر دناتوره‌شدن پروتئین‌ها، کاهش فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز، کاهش جذب مواد مغذی، کاهش تقسیمات سلولی و کاهش تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ژیبرلین اشاره کرد (Bibi *et al.*, 2009; Gopal *et al.*, 2010).

کاهش معنی‌دار ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در سایر حبوبات نظیر لوبیا (Armand *et al.*, 2015)، نخودفرنگی (Games *et al.*, 2005) و عدس (Ahmadpour *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است. نتایج این مطالعه نیز با نتایج محققان فوق منطبق بود و تنش خشکی به صورت معنی داری شاخص‌های جوانه‌زنی مورد بررسی را در مقایسه با شرایط بدون تنش به صورت معنی‌داری کاهش داد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه نخود تحت تأثیر چای‌کمپوست و تنش خشکی

Table 4. Analysis of variance of germination parameters of chickpea under compost tea and drought stress

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **df**	درصد جوانه‌زنی **Germintion percent**	سرعت جوانه‌زنی **Germintion rate**	قدرت جوانه‌زنی **Germination vigor**	شاخص بنیه بذر **Seed vigor index**	اندوسپرم مصرفی **Consumed endosperm**
چای‌کمپوست Compost tea (C)	3	836.806 **	4.158**	0.059 **	11.550 **	0.040 **
تنش خشکی Drought stress (D)	3	8267.639**	26.262**	0.354**	90.519**	0.477**
چای‌کمپوست × تنش (C) × (D)	9	24.806 *	0.063 *	0.004 **	0.651 **	0.002 ^{ns}
خطای آزمایش Error	32	31.292	0.212	0.001	0.162	0.003
ضریب تغییرات(درصد) CV(%)	-	8.80	10.34	8.95	9.37	11.26

ns,*,**: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns,* and **: not-Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

ادامه جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه نخود تحت تأثیر چای‌کمپوست و تنش خشکی

Table 4. Analysis of variance of germination parameters of chickpea under compost tea and drought stress

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **df**	طول ساقه‌چه **Plumule length**	طول ریشه‌چه **Radicle length**	طول گیاهچه **Seedling length**	وزن خشک ساقه‌چه **Plumule dry weight**	وزن خشک ریشه‌چه **Radicle dried weight**
چای‌کمپوست Compost tea (C)	3	2.022 **	2.689**	8.573 **	0.017 **	0.163 **
تنش خشکی Drought stress (D)	3	7.942**	14.428**	45.295**	0.177**	0.784**
چای‌کمپوست× تنش (C) × (D)	9	0.036 *	0.129 *	0.131 *	0.003 ^{ns}	0.007 ^{ns}
خطای آزمایش Error	32	0.057	0.149	0.367	0.002	0.010
ضریب تغییرات(درصد) CV(%)	-	10.48	10.21	9.9	9.74	11.77

ns,*,**: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns,* and **: not-Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین پارامترهای جوانه‌زنی گیاه نخود تحت تأثیر چای‌کمپوست

Table 5. Mean comparison of germination parameters of chickpea under compost tea

چای‌کمپوست **Compost tea** (درصد حجمی) **(Volumetric percentage)**	اندوسپرم مصرفی **Consumed endosperm** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**	وزن خشک ساقه‌چه **Plumule dry weight** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**	وزن خشک ریشه‌چه **Radicle dry weight** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**
Control/شاهد	0.424 b	0.394 b	0.693 c
5%	0.511 a	0.448 a	0.807 b
15%	0.535 a	0.468 a	0.932 a
25%	0.555 a	0.477 a	0.938 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۶- مقایسه میانگین پارامترهای جوانه‌زنی گیاه نخود تحت تأثیر تنش خشکی

Table 6. Mean comparison of germination parameters of chickpea under drought stress

تنش خشکی **Drought stress** (مگا پاسکال) **(Mpa)**	اندوسپرم مصرفی **Consumed endosperm** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**	وزن خشک ساقه‌چه **Plumule dry weight** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**	وزن خشک ریشه‌چه **Radicle dry weight** (گرم در هر پتری دیش) **(gr/ petri dish)**
0	0.729 a	0.574 a	1.144 a
- 0.3 Mpa	0.593 b	0.496 b	0.923 b
- 0.6 Mpa	0.435 c	0.430 c	0.765 c
- 0.9 Mpa	0.267 d	0.287 c	0.538 d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

چای‌کمپوست با داشتن مواد مغذی نظیر (N، Fe، Zn، Mg، Ca،Mn و K) با تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی کوفاکتورهای دخیل در فرایندهای فیزیولوژیک و از سوی دیگر با مشارکت در تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهان نظیر اکسین، سیتوکینین و ژیبرلین در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش نقش مهمی دارد (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در یک مطالعه گزارش شد کاربرد چای‌کمپوست با افزایش ژیبرلین و سیتوکینین در محیط کشت در افزایش معنی‌دار درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی نقش دارند که محققان دلیل اصلی آن را افزایش تقسیم سلولی در بذر و فعال‌سازی آنزیم آلفا-آمیلاز بیان کردند (Archana *et al*., 2009; Ahmadpour *et al*., 2019). در این زمینه گزارش شد که چای‌کمپوست در غلظت‌های متوسط (حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد حجمی)، درصد و سرعت جوانه‌زنی را به طور معنی‌داری افزایش داد. این محققان علت را افزایش ترکیبات هورمونی نظیر اکسین و سیتوکینین بیان کردند (Garcia *et al*., 2002; Gopal *et al*., 2010; Hosseinzadeh, 2015). در مطالعه بر روی گوجه‌فرنگی نیز مشاهده شد که کاربرد چای‌کمپوست در سطوح مختلف موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد (Zaller, 2007). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی در سطوح تنش خشکی مورد بررسی توانست درصد و سرعت جوانه‌زنی را به صورت معنی‌داری افزایش دهد. قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی محسوب شده و رابطه مستقیم با سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارند (ISTA, 2009). افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به ویژه در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال را می‌توان به افزایش معنی‌دار سرعت جوانه-زنی، درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه در این سطوح نسبت داد. مطالعات مشابه بر روی گیاه لوبیا در شرایط شوری و خشکی نشان داد که چای‌کمپوست با تأثیر مثبت بر سرعت و درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه در افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی نقش دارد (Beyk Khurmizi *et al*., 2010; Ahmadpour *et al*., 2019). آندوسپرم مصرفی از دیگر شاخصه‌های مهم در ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذر محسوب می شود که نشان‌دهنده استفاده بذر جوانه‌زده از ذخایر لپه داخل بذر است (Hosseinzadeh *et al*., 2016). این ذخایر تغذیه‌ای جهت خروج سریع ریشه‌چه و ساقه‌چه و افزایش رشد در این اندام‌ها اهمیت ویژه دارد (Ahmadpour *et al*., 2019). در این مطالعه اثرات متقابل چای‌کمپوست و

تنش خشکی معنی‌دار نبود، اما نتایج مرتبط در استفاده از چای‌کمپوست به تنهایی نشان داد که تمامی تیمارهای مورد استفاده موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد شد. در مطالعه ای مشابه گزارش شد که استفاده از چای‌کمپوست موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مواد غذایی ذخیره‌شده در لپه (اندوسپرم) شد که نقش مهمی در افزایش دسترسی جوانه به مواد غذایی داشت (Archana *et al.*, 2009).

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده هر یک از تیمارها (چای‌کمپوست و تنش خشکی) تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی (طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه) داشتند. اثرات متقابل تیمارها (چای‌کمپوست×تنش خشکی) نیز بر طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و طول گیاهچه در سطح اطمینان ۹۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده های طول ساقه‌چه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه در مقایسه با شاهد شد و در شرایط تنش ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال، تمامی سطوح کاربردی چای‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۷). در بررسی اثرات متقابل تیمارها بر طول ریشه‌چه نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۹- مگاپاسکال، کاربرد چای‌کمپوست در سطوح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی به صورت معنی‌داری طول ریشه‌چه را در مقایسه با شاهد افزایش داد، اما در شرایط تنش ۰/۳- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری بین سطوح چای‌کمپوست مشاهده نشد. در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال، تنها سطح ۲۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شد (جدول ۷). در بررسی مقایسه میانگین‌های مرتبط با طول گیاهچه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۹- مگاپاسکال، استفاده از چای‌کمپوست در تمامی سطوح منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال، تیمارهای ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی از چای‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار طول گیاهچه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۷). در بررسی اثرات ساده چای کمپوست بر وزن خشک ساقه‌چه نتایج نشان داد که کلیه سطوح کاربردی تأثیر مثبت و معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشتند (جدول ۵). در بین سطوح تنش، تیمار بدون تنش بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه را داشت و کمترین میزان این صفت نیز به تیمار ۰/۹- مگاپاسکال اختصاص داشت که نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. بین سطوح ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسگال تفاوت معنی‌داری در ارتباط با وزن خشک ساقه‌چه مشاهده نشد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات ساده چای‌کمپوست بر وزن خشک ریشه‌چه بذرهای نخود نشان داد که سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی به صورت معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک ریشه‌چه در مقایسه با سطح بدون کاربرد چای‌کمپوست شد، اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد مشاهده نشد (جدول ۵).

تنش خشکی از یک سو با کاهش جذب آب موجب کاهش فعالیت آنزیم‌ها، سنتز کربوهیدرات‌های دیواره سلول و ترشح هورمون‌ها شده و از سوی دیگر با کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش مهمی در کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه دارد (Menash *et al.*, 2006). در مطالعه بر روی اثرات تنش خشکی بر ارقام بذر عدس گزارش شد که کاهش رشد گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول ارتباط مستقیم با کاهش سرعت فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بذر دارد (Ahmadpour *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای مشابه بر روی ژنوتیپ‌های نخود مشاهده شد که با کاهش جذب آب توسط بذر، پیوندهای موجود در دیواره سلول‌های ریشه‌چه و ساقه‌چه سخت‌تر شده و در نتیجه توسعه‌پذیری، رشد طولی و تجمع ماده خشک محدود می‌شود (Bibi *et al.*, 2009). در این مطالعه مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی به صورت معنی‌داری طول گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش داشت. چای‌کمپوست به دلیل برخورداری از ظرفیت نگهداری آب بالا می‌تواند در افزایش آب قابل دسترس برای بذر بسیار اهمیت داشته باشد و مطالعات متعددی در این زمینه گزارش کردند که کاربرد چای‌کمپوست از این طریق در افزایش رشد طولی گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه چه نقش دارد (Archana *et al.*, 2009; Beyk Khurmizi *et al.*, 2010; Hosseinzadeh, 2015). ترکیباتی نظیر آمیلاز موجود در چای‌کمپوست نقش مهمی در ایجاد منابع کربنی لازم برای رشد و توسعه ریشه‌چه و ساقه‌چه دارد (Zambare *et al.*, 2008). در تحقیقی دیگر در ارتباط با اثرات چای‌کمپوست بر روی بذر گیاهان مشاهده شد که هومیک، فولویک و دیگر اسیدهای آلی استخراج شده از ورمی کمپوست یا تولیدشده توسط میکرواورگانیزم‌ها می‌تواند موجب تحریک رشد طولی گیاهچه شود (Arancon *et al.*, 2007). چای‌کمپوست با داشتن عنصر مغذی روی با تأثیر بر تولید اسید آمینه تریپتوفان در سنتز هورمون اکسین نقش مستقیم دارد که این هورمون نیز نقش بسیار مهمی در افزایش طول ساقه‌چه و گیاهچه دارد (Garcia *et al.*, 2002). در مطالعه بر

روی شاخص‌های رشدی جوانه‌زنی (رشد ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه) در توت‌فرنگی، تأثیر مثبت چای‌کمپوست بر این صفات مشاهده شد و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی را از مهم‌ترین دلایل تأثیر مثبت چای‌کمپوست بر خصوصیات جوانه‌زنی بیان کردند (Arancon *et al*., 2004).

عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (نظیر تنش خشکی)، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آن از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر بگذارند. از مهم‌ترین دلایل کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی را محققان تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آن‌ها از لپه به محور جنینی بیان کردند (Mensah *et al*., 2006; Ahmadpour *et al*., 2019). در تحقیقی بر روی بذرهای لوبیا گزارش شد که رابطه مستقیمی بین میزان وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه وجود دارد (Opoku *et al*., 1996). بنابراین کاهش وزن خشک بذرهای نخود در اثر تنش خشکی را می توان به کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت داد. نتایج تحقیقات مشابه بر روی ژنوتیپ‌های نخود و عدس نیز نشان داد سطوح بالای تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول و وزن خشکه ساقه‌چه وجود داشت (Hosseinzadeh *et al*., 2016; Ahmadpour *et al*., 2016). در این مطالعه مشابه با نتایج محققان فوق با افزایش شدت تنش خشکی به صورت معنی‌داری وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش داشت.

چای‌کمپوست حاوی مقادیر بالایی از عناصر معدنی و مغذی قابل استفاده است که مورد استفاده مستقیم بذر قرار گرفته و از این طریق موجب بهبود رشد و نمو و تجمع ماده خشک در گیاهچه می‌شود (Samiran *et al*., 2010). در تحقیق دیگر گزارش کردند که کاربرد چای‌کمپوست در محیط کشت موجب فعال‌سازی آنزیم آلفا-آمیلاز شده که می‌تواند با اتصال به پیوندهای گلیکوزیدی در تجزیه آن‌ها نقش داشته و انرژی مورد نیاز فرایندهای رشدی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه چه را تأمین نماید (Mensah *et al*., 2006). در مطالعات مشابه بر روی خیار، کلم راپا، توت‌فرنگی و شبدر گزارش شد که استفاده از چای‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشت (Sainz *et al*., 1998; Arancon *et al*., 2007; Archana *et al*., 2009). هورمون ها و ترکیبات شبه هورمونی موجود در چای‌کمپوست نیز از عوامل مهم در بهبود رشد طولی و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به شمار می‌رود (Keeling *et al*., 2003). بنابراین چای‌کمپوست با برخورداری از ویژگی‌های ذکرشده، می‌تواند رشد بخش هوایی و متعاقب آن وزن خشک گیاهچه‌های نخود را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد چای‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نخود (رقم عادل) داشت، به طوری که نتایج مرتبط با اثرات ساده این کاربرد نشان داد که استفاده از سطوح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی چای‌کمپوست به صورت معنی‌داری وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و آندوسپرم مصرفی را افزایش داد.

در بررسی تیمار تنش خشکی نتایج نشان داد که در تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی با افزایش شدت تنش از ۰/۳- مگاپاسکال تا ۰/۹- مگاپاسکال کاهش معنی‌داری داشتند. در بررسی اثرات متقابل چای‌کمپوست و تنش خشکی مشاهده شد که در شرایط بدون تنش، سطوح چای‌کمپوست مورد استفاده (۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی) موجب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و طول گیاهچه نسبت به تیمار شاهد شد. در این شرایط سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی نیز منجر به افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه نسبت به شاهد شد. در شرایط تنش ۰/۳- مگاپاسکال، تمامی سطوح چای‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر، درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد شد و نیز در این شرایط، سطوح ۱۵ و ۲۵ درحجمی توانستند به صورت معنی‌داری طول ساقه‌چه و طول گیاهچه را نسبت به شاهد افزایش دهند. در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال، سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی چای‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار درصد و قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه شدند. در این شرایط تیمار ۲۵ درحجمی به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد شد.

در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال، کاربرد سطوح چای کمپوست (۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی) در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه شد. در این شرایط سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی نیز به صورت معنی‌داری قدرت جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند.

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص های جوانه‌زنی نخود تحت تأثیر سطوح مختلف چای کمپوست و تنش خشکی

Table 7. Comparison of germination indices of chickpea under different levels of compost tea and drought stress

چای کمپوست Compost tea (درصد حجمی) (Volumetric percentage)	درصد جوانه‌زنی Germintion percent (%)	سرعت جوانه‌زنی Germintion speed (بذر در روز)	قدرت جوانه‌زنی Germination vigor	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	طول ساقه‌چه Plumule length (سانتی‌متر) (cm)	طول ریشه‌چه Radicle length (سانتی‌متر) (cm)	طول گیاهچه Seedling length (سانتی‌متر) (cm)
بدون تنش خشکی (صفر مگاپاسکال)/ Non-drought stress							
Control/شاهد	84 bc	5.063 cd	0.353 cd	5.983 c	2.640 bc	4.133 b	7.107 c
5%	87 b	6.103 ab	0.490 b	7.064 b	3.020 b	5.100 a	8.117 b
15%	97.67 a	6.530 a	0.600 a	9.057 a	3.573 a	5.700 a	9.273 a
25%	97 a	6.713 a	0.613 a	8.977 a	3.620 a	5.600 a	9.257 a
تنش خشکی ۰/۳- مگاپاسکال / Drought stress at -0.3 MPa							
Control/شاهد	61.33 fg	4.150 ef	0.226 fg	3.413 fg	2.037 de	3.533 bc	5.570 de
5%	76.67 cde	5.050 cd	0.310 de	4.783 de	2.343 cde	3.900 b	6.243 cd
15%	77.67 bcde	5.323 bc	0.370 c	5.467 cd	2.877 b	4.167 b	7.043 c
25%	78.67 bcd	5.403 bc	0.376 c	5.563 cd	2.943 b	4.133 b	7.077 c
تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال / Drought stress at -0.6 MPa							
Control/شاهد	47 h	3.543 fg	0.156 h	2.153 hi	1.477 f	3.100 cde	4.577 ef
5%	55.67 gh	4.067 ef	0.216 g	3.023 gh	1.964 e	3.467 bcd	5.430 de
15%	69 def	4.350 de	0.266 efg	4.257 ef	2.410 cd	3.767 bc	6.177 cd
25%	68 ef	4.470 de	0.280 ef	4.283 ef	2.407 cd	3.900 b	6.307 cd
تنش خشکی ۰/۹- مگاپاسکال / Drought stress at -0.9 MPa							
Control/شاهد	17.33 j	1.670 i	0.060 i	0.640 j	0.806 g	1.667 f	2.477 g
5%	28 i	2.700 h	0.103 hi	1.120 j	1.370 f	2.600 e	3.970 f
15%	36.67 i	2.980 gh	0.140 h	1.573 ij	1.463 f	2.833 de	4.297 f
25%	35 i	3.037 gh	0.124 h	1.490 ij	1.490 f	2.800 de	4.290 f

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

با توجه بـه نتـایج ایـن پـژوهش، کـاربرد چـای‌کمپوسـت (عصاره ورمی‌کمپوست) در سطوح ۱۵ و ۲۵ درصـد حجمـی در شرایطی که بذر نخود با تنش خشکی مواجه است، توصـیه مـی گردد.

منابع

1. Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S., and Chashiani, S. 2016. Selection drought tolerant cultivars of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by measuring germination parameters. Iranian Journal of Seed Sciences and Research 3(3): 75-87. (in Persian with English abstratct).
2. Ahmadpour, R., Mohamadi, F., and Armand, N. 2020. Interactions of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and drought stress on seed germination indicators of tomato (*Lycopersicon esculentom*.L). Journal of Seed Research 10(2): 31-44. (in Persian with English abstratct).
3. Ahmadpour, R., Rostami, M., and Hosseinzadeh, S.R. 2019. Influence of compost tea on seedling growth and germination indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in order to moderated negative effects caused by drought stress. Journal of Plant Researches 32(3): 474-488. (in Persian with English abstratct).
4. Amiri, H., Ismaili, A., and Hosseinzadeh, S.R., 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). Compost Science and Utilization 26: 1-14.
5. Arancon, N., Edwards, C., Dick, R., and Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. Biocycle 12: 51-52.
6. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger J.D. 2004. Influence of vermicompost on field strawberries. Bioresource Technology 93: 145-153.
7. Archana, P.P., Theodore, J.K.R., Ngyuen, V.H., and Stephen, T.T. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. Journal of the Science of Food and Agriculture 89(1): 2383-2392.
8. Armand, N., Amiri, H., and Ismaili A. 2015. Effect of methanol on germination characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) under drought stress condition. Iranian Journal of Pulses Research 6: 42-53. (in Persian with English abstratct).
9. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81(2): 103-108.
10. Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., and Parsa, M. 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 23: 474-485. (in Persian with English abstratct).
11. Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., and Alam, S.S. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpeas genotypes. Pakistan Journal of Botany 41: 731-736.
12. Edwards, C., Arancon, N., and Greytak, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. Biocycle 47(5): 21-28.
13. Emmerich, W.E., and Hardegree, S.P. 1991. Seed germination in polyethylen glycol solution. effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Journal of Crop Science 31: 454-458.
14. Gamze, O., Mehmet Demir, K.A., and Mehmet, A.T. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Foresty 29: 237-242.
15. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A., 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management. 98: 1477-1484.
16. Garcia, M.I., Cruz, S.F., Saavedra, A.L., and Hernandez, M.S. 2002. Extraction of auxin-like substances from compost. Crop Research 24: 323-327.
17. Gopal, M., Gupta, A., Palaniswami, C., Dhanapal, R., and Thomas, G. 2010. Coconut leaf vermiwash: a bio-liquid from coconut leaf vermicompost for improving the crop production capacities of soil. Current Science 98: 1202-1210.
18. Greytak, S., Edwards, C., and Arancon, N. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. Retrieved August 19, 2006, from. http://www.wormdigest.org
19. Hosseinzadeh, S.R. 2015. Effect of vermicompost on germination, morphophysiological and biochimical characteristics of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L., cv. Pirouz) and (*Cicer arietinum* L., cv. Karaj) under drought stress. Ph.D Dissertation, Lorestan University, Iran.

20. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. Interaction effects of vermicompost extract and drought stress on germination indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.cv. Pirouz). Iranian Journal of Seed Science and Research 3(1): 75-86. (in Persian with English abstratct).
21. ISTA: International Seed Testing Association. 2009. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 49: 86-41.
22. Kalefetoglu Macar, T., Turan, O., and Ekmekci, Y. 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stage. Journal of Science 22: 5-14.
23. Keeling, A.A., McCallum, K.R., and Beckwith, C.P. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. Bioresource Technology 90(2): 127-132.
24. Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G., and Onome, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). Africian Journal Biology 5: 1249-1253.
25. Michael B.E., and M.R. Kaufman. 1976. The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology 51: 914-916.
26. Mokhtari, I., Abrishamchi, P., and Ganjeali, A. 2009. The effects of Calcium on amelioration of injuries salt stress on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentom.*L). Journal of Agricultural Science and Technology 22(1): 89-100. (in Persian with English abstratct).
27. Opoku, G., Davies, F.M., Zetrio, E.V., and Camble, E.E. 1996. Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolos vulgaris* L). Plant Variety Seed 9: 119-125.
28. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F. 2012. Drought stress effect on germination and seedling for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under control condition. Iranian Journal of Field Crops Research 10(3): 522-531. (in Persian with English abstract).
29. Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil 205: 85-92.
30. Samiran R., Kusum A., Biman K.D., and Ayyanadar A. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. Applied Soil Ecology 45: 78-84.
31. Warman, P.R., and Anglopez, M.J. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. Bioresource Technology 101: 4479-4483.
32. Zaller J.G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Science Horticulture 112:191-199.
33. Zambare, V.P., Padul, M.V., Yadav, A., and Shete, T.B. 2008. Browse and download vermiwash biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner. Journal of Agriculture and Biology Science 3: 1-5.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 37-49 (Original Research Article)

The role of compost tea in mitigating the negative effects of drought stress caused by polyethyleneglycol in chickpea seeds (Adel cultivar) by evaluating germination indices

Ahmadpour[1], Raheleh; Bachari[2], Yasamin; and Hosseinzadeh[3]*, Saeed Reza

1. MSc. in Biology, Faculty Member of Biology Department, Faculty of Basic Sciences, Khatam Al-Anbia University of Technology Behbahan, Iran; ahmadpour@bkatu.ac.ir
2. BSc. in Student, Biology, Plant Science, Faculty of Basic Sciences, Department of Biology, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, Iran; bachari_bkatu@yahoo.com
3. PhD. in Biology, Plant Physiology, Education Research Institute, Department of Education, Behbahan, Khuzestan, Ahvaz, hossinzadeh_tmu@yahoo.com

The Dates:
Received: 13 April 2022; **Revised:** 19 June 2022
Accepted: 27 June 2022; **Available Online:** 22 December 2022

How to cite this article:
Ahmadpour, R., Bachari, Y., and Hosseinzadeh, S.R. 2022. The role of compost tea in improving the negative effects of drought stress caused by polyethyleneglycol in chickpea seeds (Adel cultivar) by evaluating germination indices. Iranian Journal of Pulses Research 13(2): 37-49. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2204-1030

Introduction

Growth-reducing factors play a key role in significantly reducing seed germination, reducing plumule length and radicle length growth, reducing seed vigor index and reducing seedling length. The most important of these factors are biological and non-biological stresses that several studies have reported have a significant effect on reducing seed germination. In Iran, chickpea cultivation is usually rainfed (about 92%), the seeds use the moisture stored in the soil and in this case the seeds are exposed to drought stress. Exposure to drought stress will eventually lead to reduced germination, improper posture, reduced plant yield. Water potential is the most important factor in seed germination and its reduction directly affects the physiological processes of germination and indirectly affects seed growth and nutrient reserves. In modern agricultural methods, the use of organic fertilizers to improve seed tolerance to stress conditions is recommended. One of these biological and organic fertilizers is compost and vermicompost. The use of vermicompost in addition to adding to the soil can be in the form of adding vermicompost extract (tea compost) to the soil. The unique properties of vermicompost extract are: 1. Contains beneficial aerobic microorganisms such as *Azotobacter*, 2. No anaerobic bacteria, fungi and pathogenic microorganisms, 3. High water holding capacity, 4. Humic acid (these substances have it has similar effects to growth regulators and hormones), and 5. Contains macro and micro nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, copper, manganese, iron and zinc. Due to the problem of drought and water shortage in many parts of the country, especially Khuzestan province, the use of modern agricultural methods to increase the yield and yield of crops is essential. The main purpose of this study was whether the use of compost tea can play a role in improving the negative effects of drought stress on the germination stage of chickpea seeds?

Materials and Methods

A factorial layout based on a completely randomized design with three replications was conducted at Khatam Al-Anbia University of Technology in Behbahan. The first study was four levels of tea compost such as of 0, 5, 15, 25 and the second treatment was drought stress caused by polyethylene glycol, which included levels of -0.3, -0.6 and -0.9 MPa. In each petri dish, 35 chickpea seeds of Adel cultivar were placed

* **Corresponding Author:** hossinzadeh_tmu@yahoo.com

and then the experimental units were numbered based on the studied treatments. Daily examination of petri dishes was continued for 14 days and germinated seeds were harvested from experimental units 15 days after the start of the experiment to measure germination parameters. Characteristics such as percentage, rate and vigor germination, seed vigor index, endosperm consumption, seedling length, plumule and radicle length, plumule and radicle dry weight were measured.

Results and Discussion

The results of this study showed that the application of compost tea had a positive and significant effect on all indices of chickpea seed germination, so that the results related to the simple effects of this application showed that the use of 5, 15 and 25% levels of compost tea significantly increased radicle dry weight, plumule dry weight and endosperm consumption. Under drought stress treatment, the results showed that in all germination and growth indices with increasing stress intensity from -0.3 MPa to -0.9 MPa had a significant decrease. In the study of the interaction effects of compost tea and drought stress, it was observed that in non-stress conditions, the levels of compost tea used (5, 15 and 25%) significantly increase germination rate, germination vigor, vigor index seed, radicle length and seedling length were compared to the control treatment. Under stress conditions of -0.3 MPa, all levels of compost tea caused a significant increase in seed vigor index, germination percentage, rate and germination vigor compared to the control and also in these conditions, 15 and 25 levels were able to significantly increase plumule length and seedling length relative to control. Under -0.6 MPa stress, levels of 15 and 25% of compost tea caused a significant increase in germination percentage and germination vigor, seed vigor index, plumule length and seedling length. Under stress conditions of -0.9 MPa, application of compost tea levels (5, 15 and 25%) in comparison with the control treatment significantly increased germination percentage, germination rate, radicle length, plumule length and seedling length. Under these conditions, 15 and 25% of compost tea also significantly increased germination vigor compared to the control treatment.

Conclusion

According to the results of this study, application of compost tea (vermicompost extract) at levels of 15 and 25% in conditions where chickpea seeds are exposed to drought stress, is recommended.

Keywords: Endosperm consumption، Germination vigor، Organic fertilizer، Seed vigor index، Water deficit stress